



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 39 36 987.0  
22 Anmeldetag: 7. 11. 89  
23 Offenlegungstag: 8. 5. 91

DE 39 36 987 A 1

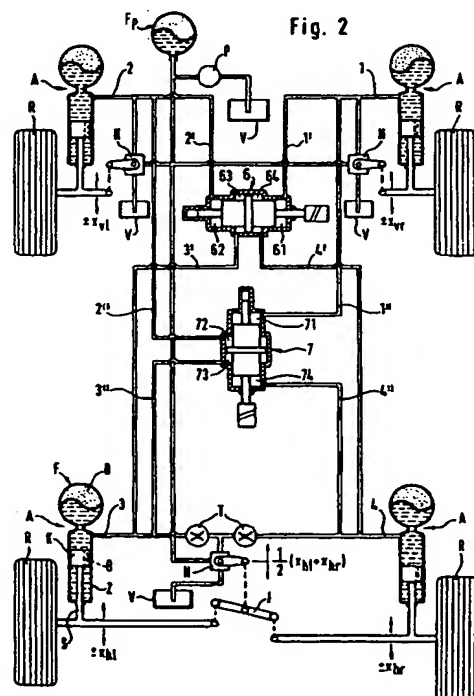
71 Anmelder:  
Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 7000 Stuttgart,  
DE

72 Erfinder:  
Karnopp, Dean C., Prof. Dr., Davis, Calif., US; Sahm,  
Dietrich, Dr.-Ing., 7432 Bad Urach, DE; Klinkner,  
Walter, 7000 Stuttgart, DE; Scarpatetti, Dieter v.,  
7300 Esslingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Hydropneumatisches Federungssystem

Zwischen den hydropneumatischen Abstützaggregaten (A) ist ein aktives Bypass- und Fördersystem (1 bis 4, 6, 7, 61 bis 64, 71 bis 74) angeordnet, mit dem Hydraulikmedium zwischen Abstützaggregaten verschiedener Achsen bzw. Seiten des Fahrzeuges unter Umgehung eines Reservoirs (V) verschoben werden kann, um Nick- bzw. Wankbewegungen des Fahrzeuges entgegenzuwirken.



1  
Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein hydropneumatisches Federungssystem für Kraftfahrzeuge mit den Fahrzeu-  
grädern zugeordneten hydropneumatischen Abstützaggre-  
gaten und einer damit zusammenwirkenden Niveaure-  
gulierung, welche in Abhängigkeit von der Hubstellung  
der Räder Hydraulikmedium aus einem Reservoir in die  
Abstützaggregate einzuleiten bzw. Hydraulikmedium  
aus den Abstützaggregaten in das Reservoir abzuführen  
gestattet.

Fahrzeuge mit derartigen Federungssystemen wer-  
den bereits serienmäßig hergestellt. Diese Fahrzeuge  
zeichnen sich auch durch einen hohen Federungskom-  
fort aus.

Ein grundsätzlicher Nachteil derartiger Federungssy-  
steme besteht darin, daß für die Niveauregulierung  
Energie zur Verfügung gestellt werden muß, wobei bei  
der Einleitung von Hydraulikmedium in ein Abstützag-  
gregat jeweils die Druckdifferenz zwischen dem Hoch-  
druck im jeweiligen Abstützaggregat und dem Nieder-  
druck im Reservoir überwunden werden muß. Diese  
Energie geht bei einer nachfolgenden Niveauabsen-  
kung, bei der Hydraulikmedium aus einem Abstützag-  
gregat in das Reservoir abgeführt wird, ungenutzt ver-  
loren.

Um den Leistungsbedarf für die Niveauregulierung  
niedrig zu halten, ist deshalb bei bekannten hydropneu-  
matischen Federungssystemen vorgesehen, Nick- und  
Wankbewegungen des Fahrzeugaufbaus mit besonde-  
ren Maßnahmen entgegenzuwirken, ohne daß den je-  
weils verstärkt belasteten Abstützaggregaten aus dem  
Reservoir Hydraulikmedium zugeführt werden muß.  
Um beispielsweise Wankbewegungen des Fahrzeugauf-  
baus trotz einer komfortablen und weichen Abstim-  
mung des hydropneumatischen Federungssystems in  
Grenzen zu halten, sind üblicherweise bei hydropneu-  
matisch gefederten Fahrzeugen relativ stark dimensio-  
nierte mechanische Querstabilisatoren angeordnet, wel-  
che einander bezüglich der Fahrzeuglängsachse gegen-  
überliegende Räder derart koppeln, daß beim Ein- bzw.  
Ausfedern eines Rades auch auf das jeweils gegenüber-  
liegende Rad eine Kraft in gleicher Ein- bzw. Ausfede-  
rungsrichtung ausgeübt wird. Somit wird beim Einfede-  
ren eines Rades auch das Abstützaggregat des bezüg-  
lich der Fahrzeuglängsachse gegenüberliegenden ande-  
ren Rades in Einfederrichtung beansprucht. Aufgrund  
dieser Wirkungsweise der Querstabilisatoren kann auch  
bei weicher Abstimmung des Federungssystems eine  
übermäßig starke Seitenneigung des Fahrzeugaufbaus  
bei schneller Kurvenfahrt in erwünschter Weise verme-  
den werden. Jedoch muß bezüglich der Bemessung der  
Querstabilisatoren ein Kompromiß eingegangen wer-  
den. Wenn nämlich die Querstabilisatoren sehr hart be-  
messen sind, wird zwar bei schneller Kurvenfahrt eine  
Seitenneigung des Fahrzeugaufbaus besonders wirksam  
eingeschränkt. Jedoch kann der Fahrkomfort bei schnel-  
ler Geradeausfahrt auf schlechten Straßen dann erheb-  
lich beeinträchtigt werden, wenn Fahrbahnunebenhei-  
ten auf der einen Fahrzeugseite versetzt zu Fahrbahn-  
unebenheiten auf der anderen Fahrzeugseite auftreten  
und dementsprechend jeweils ein Rad auf einer Fahr-  
zeugseite auszufedern und das jeweils gegenüberliegen-  
de Rad auf der anderen Fahrzeugseite einzufedern  
sucht. Diesen gegenläufigen Federungshüben suchen  
nämlich die Querstabilisatoren entgegenzuwirken.

Um unerwünschte Nickbewegungen hydropneuma-  
tisch gefederter Fahrzeuge auch bei weicher Federab-

stimmung weitestgehend vermeiden zu können, besit-  
zen bekannte hydropneumatische Federungssysteme  
zusätzlich zu radweise an den Abstützaggregaten der  
Räder angeordneten Federspeichern achsweise ange-  
ordnete Zusatzfederspeicher, welche mit Absperrventi-  
len versehen sind und damit bei Bedarf schnell unwirk-  
sam geschaltet werden können. Solange die Zusatzfe-  
derspeicher wirksam sind, besitzen die Abstützaggre-  
gats einer Achse eine Federkennung mit geringer Pro-  
gressivität, d. h. die jeweils erzeugten Abstützkräfte  
steigen beim Einfedern vergleichsweise langsam an.  
Wenn dagegen die Zusatzfederspeicher unwirksam ge-  
schaltet werden, ergibt sich eine Federkennung mit stei-  
ler Progressivität, d. h. die Abstützaggregate setzen ei-  
nem Einfederungshub einen mit dem Hubweg stark an-  
steigenden Widerstand entgegen. Die den Zusatzfeder-  
speichern zugeordneten Umschaltventile können prak-  
tisch trägheitslos gesteuert werden, so daß sich die Pro-  
gressivität der Federkennung an einer Fahrzeugachse  
entsprechend schnell verändern läßt. Auf diese Weise ist  
es beispielsweise möglich, dem beim Bremsen oder Be-  
schleunigen des Fahrzeuges auftretenden Nickmoment  
entgegenzuwirken, indem beispielsweise beim Bremsen  
die Zusatzfederspeicher der Vorderachse und beim Be-  
schleunigen die Zusatzfederspeicher der Hinterachse  
unwirksam geschaltet werden, mit der Folge, daß die  
Federung der Vorderachse bzw. die Federung der Hinte-  
rachse versteift wird. Auf diese Weise können die  
Nickbewegungen des Fahrzeugaufbaus in erwünschter  
Weise begrenzt werden. Jedoch muß dabei jeweils eine  
achsweise Versteifung der Federung in Kauf genommen  
werden.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, ein hydropneuma-  
tisches Federungssystem zu schaffen, welches sich durch  
geringen Leistungsbedarf für das Verpumpen von Hy-  
draulikmedium sowie durch besonders hohen Feder-  
ungskomfort — auch bei Einwirkung starker Nick-  
oder Wankmomente auf den Fahrzeugaufbau — aus-  
zeichnet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst,  
daß zwischen den Abstützaggregaten ein aktives By-  
paß- und Fördersystem angeordnet ist, welches in Ab-  
hängigkeit von der Hubstellung der Räder und/oder auf  
das Fahrzeug einwirkenden Nick- oder Wankmomen-  
ten Hydraulikmedium unter Umgehung des Reservoirs  
zwischen einander bezüglich der Fahrzeuglängsachse  
und/oder der Fahrzeugquerachse gegenüberliegenden  
Abstützaggregaten zu verschieben gestattet.

Die Erfindung beruht also auf dem allgemeinen Ge-  
danken, unmittelbar zwischen den Abstützaggregaten  
verschiedener Fahrzeugseiten bzw. den vorderen und  
hinteren Abstützaggregaten Hydraulikmedium zu ver-  
schieben, um eine Fahrzeugseite bei gleichzeitiger Ab-  
senkung der anderen Fahrzeugseite anzuheben bzw. das  
Fahrzeugvorderteil in entsprechender Weise gegenläu-  
fig zum Fahrzeugheck zu bewegen.

Da erfindungsgemäß zu diesem Zweck eine Verschie-  
bung von Hydraulikmedium unter Umgehung des Re-  
servoirs vorgesehen ist, ist der notwendige Leistungsbe-  
darf gering, denn es muß jeweils lediglich die Differenz  
der hydraulischen Drucke in verschiedenen Abstützag-  
gregaten überwunden werden, nicht jedoch die wesent-  
lich größere Druckdifferenz zwischen Reservoir und  
Abstützaggregaten.

Darüber hinaus kann ein besonders hoher Komfort  
gewährleistet werden, weil die Verschiebung des Hy-  
draulikmediums zwischen den Abstützaggregaten nur  
wenig Einfluß auf die Federkennung hat.

Weiterhin ist bei der Erfindung vorteilhaft, daß die Niveauregulierung träge, d. h. mit geringer Leistung, arbeiten kann, weil dieses System zum Ausgleich von Nick- und Wankbewegungen des Fahrzeuges nicht benötigt wird. Im wesentlichen muß dieses System lediglich in der Lage sein, beim Start des Fahrzeuges in angemessener Zeit das jeweils gewünschte bzw. vorgegebene Niveau einzustellen. Dazu genügt jedoch eine sehr geringe Leistung, zumal sich das jeweilig eingestellte Niveau beim Stillstand des Fahrzeuges nur wenig ändert, wenn ein Abfluß von Hydraulikmedium aus den Abstützaggregaten in das Reservoir, beispielsweise durch entsprechende Absperrventile, verhindert werden kann.

Gemäß einer ersten vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann das Bypaß- und Fördersystem im wesentlichen aus einem zwischen den Abstützaggregaten angeordneten Leitungsnetz mit einer motorisch angetriebenen Pumpe sowie am Leitungsnetz angeordneten Absperrventilen bestehen, welche jeweils ein Abstützaggregat bzw. eine Gruppe der Abstützaggregate mit der Eingangsseite der Pumpe und ein anderes Abstützaggregat bzw. eine andere Gruppe der Abstützaggregate mit der Ausgangsseite der Pumpe zu verbinden bzw. die Abstützaggregate oder deren Gruppen voneinander abzutrennen gestatten. Bei dieser Anordnung genügt also für das Bypaß- und Fördersystem eine einzige zentrale Pumpe. Durch entsprechende Steuerung der Ventile kann dann eine Verschiebung von Hydraulikmedium zwischen ausgewählten Abstützaggregaten erreicht werden. Durch eine Art von Multiplexbetrieb kann dabei auch erreicht werden, daß eine praktisch simultane Verschiebung von Hydraulikmedium zwischen einer Vielzahl von Abstützaggregaten in steuerbarer Weise erfolgt.

Bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind zwischen einander bezüglich der Fahrzeuquerachse und/oder der Fahrzeuglängsachse gegenüberliegenden Abstützaggregaten Verdränger- bzw. Kolben-Zylinder-Aggregate mit zwei Kammern angeordnet, deren Gesamtvolumen unabhängig vom Verdränger- bzw. Kolbenhub konstant bleibt, so daß das auf der einen Seite aus einem Abstützaggregat bzw. einer Gruppe der Abstützaggregate abgeführte Hydraulikmedium in gleicher Menge einem anderen Abstützaggregat bzw. einer anderen Gruppe der Abstützaggregate zugeführt werden kann.

Unabhängig von der Ausbildung des Bypaß- und Fördersystems kann es zweckmäßig sein, die hydropneumatischen Abstützaggregate parallel zu mechanischen Federaggregaten, beispielsweise herkömmlichen Schraubenfedern, anzuordnen, so daß die Räder gegenüber dem Aufbau jeweils hydropneumatisch und mechanisch abgestützt werden. Auf diese Weise kann ein nahezu belastungsunabhängiges Federungsverhalten des Fahrzeuges ohne belastungsabhängige Veränderung der Resonanzfrequenzen für Hubbewegungen des Aufbaues (Aufbauresonanz) bzw. Hubschwingungen der Räder (Radresonanz) gewährleistet werden.

Im übrigen wird hinsichtlich bevorzugter Merkmale der Erfindung auf die Ansprüche sowie die nachfolgende Erläuterung bevorzugter Ausführungsformen anhand der Zeichnung verwiesen.

Dabei zeigt

Fig. 1 eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Federungssystems, wobei das Bypaß- und Fördersystem durch ein Leitungsnetz mit einer Vielzahl von Absperrventilen und einer einzigen zentralen Pumpe

gebildet wird,

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform der Erfindung, bei der das Bypaß- und Fördersystem unter Verwendung doppeltwirkender Kolben-Zylinder-Aggregate aufgebaut ist, die jeweils zwischen den Abstützaggregaten verschiedener Fahrzeugseiten bzw. verschiedener Achsen angeordnet sind und

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform mit doppeltwirkenden Kolben-Zylinder-Aggregaten mit besonders einfachem Aufbau.

Bei allen in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen ist jedem Rad R des Fahrzeuges ein hydropneumatisches Abstützaggregat A zugeordnet, welches in ansich bekannter Weise im wesentlichen aus einem Kolben-Zylinder-Aggregat mit einem Zylinder Z sowie einem Kolben K mit einseitig angeordneter Kolbenstange S und den Kolben K axial durchsetzenden Bohrungen B sowie einen mit dem Zylinder Z verbundenen Federspeicher F besteht. Die Zylinder Z sind jeweils auf beiden Seiten des zugehörigen Kolbens K mit Hydraulikmedium gefüllt, ebenso wie der mit dem jeweiligen Zylinder Z kommunizierende Bereich des jeweiligen Federspeichers F. Innerhalb des Federspeichers F ist darüber hinaus ein Druckgaspolster D angeordnet, welches vom Hydraulikmedium durch eine elastische Membrane od. dgl. abgetrennt ist. Bei Ein- und Ausfederbewegungen der Räder R wird der jeweilige Kolben K im zugeordneten Zylinder Z verschoben. Bei einer Verschiebung in Einfederrichtung wird dabei Hydraulikmedium aus der in den Fig. 1 bis 3 jeweils oberhalb des Kolbens K liegenden Kammer des Zylinders Z durch die kolbenseitigen Bohrungen B hindurch in die andere Kammer des Kolben-Zylinder-Aggregates sowie teilweise auch in den jeweiligen Federspeicher F verdrängt, so daß das jeweilige Druckgaspolster komprimiert wird. Bei einer Verschiebung des Kolbens K in Ausfederrichtung wird jeweils Hydraulikmedium aus der kolbenstangenseitigen Kammer des jeweiligen Kolben-Zylinder-Aggregates in die jeweils oberhalb des Kolbens K liegende Kammer verdrängt, gleichzeitig strömt Hydraulikmedium aus dem jeweiligen Federspeicher F in diese letztgenannte Kammer, wobei sich das Druckgaspolster D des jeweiligen Federspeichers entsprechend expandiert.

Die jeweilige statische Abstützkraft der Abstützaggregate A wird durch den Druck des hydraulischen Mediums im Kolben-Zylinder-Aggregat sowie im damit verbundenen Federspeicher F und den Querschnitt der Kolbenstange S bzw. die Flächendifferenz zwischen der oberen und unteren Wirkfläche des jeweiligen Kolbens K bestimmt.

Die mittlere Höhenlage der Räder R relativ zum nicht dargestellten Aufbau des Fahrzeuges wird durch die Menge des Hydraulikmediums in den Abstützaggregaten A bestimmt.

Um die Menge des Hydraulikmediums in den Abstützaggregaten A für eine Niveauregulierung des Fahrzeuges verändern zu können, können die Abstützaggregate A über Niveausteuerventile N nach außen abgesperrt bzw. entweder mit einem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V Fluidmedium oder mit der Druckseite einer Pumpe P verbunden werden, mit der dann dem jeweiligen Abstützaggregat A Hydraulikmedium aus dem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V zugeführt wird. Um dabei Druckstöße zu vermeiden, ist an der Druckleitung der Pumpe P ein zusätzlicher Federspeicher Fp angeordnet.

Den Abstützaggregaten A der Vorderräder (welche in den Fig. 1 bis 3 jeweils im oberen Teil abgebildet sind)

sind jeweils separate Niveausteuerventile N zugeordnet, die in Abhängigkeit von der Hubstellung  $x_{vr}$  bzw.  $x_{vl}$  des jeweiligen Rades betätigt werden. In einem relativ breiten Mittelbereich der genannten Hubstellungen sind dabei die Niveausteuerventile N der Abstützaggregate A der Vorderräder geschlossen. Bei starker Verschiebung der Räder R bzw. Kolben K in Ausfederrichtung wird das jeweilige Abstützaggregat A mit dem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V verbunden, um Hydraulikmedium aus dem jeweiligen Abstützaggregat A abzuleiten und damit das jeweilige Rad R in Einfederrichtung zu bewegen. Verschieben sich die Räder R bzw. die jeweiligen Kolben K stark in Einfederrichtung, so stellen die Niveausteuerventile N eine Verbindung zwischen der Druckseite der Pumpe P und dem jeweiligen Abstützaggregat A her, um in das jeweilige Abstützaggregat A zusätzliches Hydraulikmedium einzuleiten und das jeweilige Rad R in Ausfederrichtung zu bewegen.

Den Fahrzeughinterrädern (in den Fig. 1 bis 3 jeweils im unteren Teil abgebildet) ist ein gemeinsames Niveausteuerventil N zugeordnet, welches in Abhängigkeit vom arithmetischen Mittelwert der Hubstellungen  $x_{hl}$  und  $x_{hr}$  der hinteren Räder R gesteuert wird. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß das Fahrzeug immer eine statisch eindeutige Dreipunktstützung erhält.

Um die Steuerung des den hinteren Rädern R zugeordneten Niveausteuerventiles N in Abhängigkeit vom Mittelwert der Hubstellungen  $x_{hr}$  und  $x_{hl}$  zu ermöglichen, sind beispielsweise die Enden eines Joches J mit den Radaufhängungen der hinteren Räder R gekoppelt, so daß das eine Ende des Joches eine den Federungshüben des einen Hinterrades und das andere Ende des Joches J eine den Federungshüben des anderen Hinterrades entsprechende translatorische Bewegung ausführt. Wenn nun ein Punkt des Joches J in der Mitte zwischen den Enden des Joches J mit einem Stellorgan des hinteren Niveausteuerventiles N antriebsverbunden ist, wird dieses Ventil N in Abhängigkeit von dem gewünschten Mittelwert gesteuert.

In der die Abstützaggregate A der hinteren Räder R verbindenden Leitung können beidseitig des Niveausteuerventiles N der Hinterräder Drosseln T angeordnet sein, um eine ungedämpfte und schnelle Strömung von Hydraulikmedium vom einen zum anderen Abstützaggregat A und damit eine unerwünschte starke Rückwirkung der Federungshübe des einen Hinterrades auf die Federungsbewegungen des anderen Hinterrades zu vermeiden.

Die oben beschriebene Ausbildung des hydropneumatischen Federungssystems ist bei den in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Ausführungsformen in prinzipiell gleicher Weise vorgesehen und — an sich — bekannt. Insofern unterscheidet sich die Erfindung also nicht von herkömmlichen hydropneumatischen Federungssystemen.

Die Besonderheit der Erfindung liegt vor allem in der Art und Weise, wie Nick- bzw. Wankbewegungen des Fahrzeugaufbaus entgegengewirkt wird.

Grundsätzlich ist es zwar möglich, dazu die oben beschriebenen Elemente des hydropneumatischen Federungssystems einzusetzen. Jedoch wird dann für die Pumpe P eine hohe Leistung benötigt, weil Nick- und Wankbewegungen des Aufbaus — ohne zusätzliche andere Maßnahmen — nur dann entgegengewirkt werden kann, wenn mit der Pumpe P kurzzeitig relativ große Mengen des Hydraulikmediums aus dem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V zu jeweils in Einfederrichtung stark

beanspruchten Abstützaggregaten A gefördert werden kann. Dabei muß immer die volle Druckdifferenz zwischen dem Hydraulikdruck in den Abstützaggregaten A und dem praktisch verschwindenden Hydraulikdruck in dem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V überwunden werden.

Erfindungsgemäß ist deshalb vorgesehen, die oben beschriebenen Systemkomponenten lediglich zur Einstellung der mittleren Höhenlage des Fahrzeugaufbaus relativ zur Fahrbahn einzusetzen. Für diesen Zweck reicht eine Pumpe P mit geringer Leistung, weil die mittlere Höhenlage des Fahrzeuges praktisch nur beim Start eingestellt werden muß und danach unverändert bleibt bzw. keine schnelle Änderung erfordert.

Um Nick- und Wankbewegungen des Fahrzeuges schnell und wirksam entgegenwirken zu können, ist zwischen den Abstützaggregaten A ein gesondertes, aktives Bypass- und Fördersystem angeordnet.

Dieses besteht bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform im wesentlichen aus einem Leitungsnetzwerk mit den zu den einzelnen Abstützaggregaten A führenden Leitungen 1 bis 4, die über Leitungen 1', 1'' bis 4, 4'' mit eingangsseitig einer motorisch angetriebenen Pumpe 5 angeordneten Absperrventilen 1e bis 4e bzw. ausgangsseitig der Pumpe 5 angeordneten Absperrventilen 1a bis 4a verbunden sind.

Solange keinerlei Wank- bzw. Nickbewegungen des Fahrzeuges auftreten, bleiben die genannten Ventile 1a bis 4e geschlossen.

Falls nun Nickbewegungen des Fahrzeuges auftreten, kann denselben entgegengewirkt werden, indem die Pumpe 5 je nach Richtung der Nickbewegung entweder Hydraulikmedium aus den Abstützaggregaten A der Hinterräder über die Leitungen 3 bzw. 4 abführt und den Abstützaggregaten A der Vorderräder über die Leitungen 1 bzw. 2 zuführt oder in umgekehrter Richtung wirksam wird. Wenn beispielsweise aus dem Abstützaggregat A des rechten Hinterrades Hydraulikmedium abgeführt und gleichzeitig dem Abstützaggregat A des rechten Vorderrades Hydraulikmedium zugeführt werden soll, werden die Ventile 4e und 1a geöffnet, so daß die genannten Abstützaggregate über die Pumpe 5 miteinander verbunden werden und Hydraulikmedium in der angegebenen Weise zwischen den Abstützaggregaten A der rechten Fahrzeugseite verschoben wird. Dabei bleiben die übrigen Absperrventile jeweils geschlossen.

Falls Hydraulikmedium aus dem vorderen rechten Abstützaggregat A abgeführt und in das hintere rechte Abstützaggregat A zugeführt werden soll, werden die Ventile 1e und 4a geöffnet, so daß die Pumpe einen Strom des Hydraulikmediums in der gewünschten Weise erzeugen kann.

In grundsätzlich gleicher Weise können die Abstützaggregate A auf der linken Fahrzeugseite miteinander über die Pumpe 5 verbunden werden.

Darüber hinaus kann Wankbewegungen des Fahrzeuges entgegengewirkt werden, indem Hydraulikmedium aus einem Abstützaggregat A eines Rades auf der einen Fahrzeugseite mittels der Pumpe 5 einem Abstützaggregat A eines Rades auf der anderen Fahrzeugseite zugeführt wird. Beispielsweise kann Hydraulikmedium aus dem rechten vorderen Abstützaggregat A in das linke vordere Abstützaggregat A eingeführt werden, indem die Ventile 1e und 2a geöffnet werden.

Falls die Verschiebung des Hydraulikmediums in umgekehrter Richtung erfolgen soll, werden die Ventile 2e und 1a geöffnet.

Die Pumpe 5 braucht jeweils nur gegen die Differenz der hydraulischen Drucke in verschiedenen Abstützaggregate A zu arbeiten. Da diese Differenz immer relativ gering bleibt, genügt für die Pumpe 5 eine geringe Leistung.

Um jeweils genau definierte Mengen zwischen den Abstützaggregate A zu verschieben, werden die Ventile 1a bis 4e vorzugsweise im Multiplexbetrieb gesteuert, derart, daß jeweils nur eines der Ventile 1e bis 4e und eines der Ventile 1a bis 4a gleichzeitig geöffnet sind. Dementsprechend sind jeweils nur zwei Abstützaggregate A über die Pumpe 5 miteinander gekoppelt. Durch schnellen taktweisen Wechsel der jeweils geöffneten Paare der geöffneten Ventile 1a bis 4e besteht dann die Möglichkeit, einander überlagernde Verschiebungen von Hydraulikmedium zwischen beliebigen Aggregaten A simultan durchzuführen. Beispielsweise kann einerseits Hydraulikmedium aus dem rechten hinteren Abstützaggregate abgeführt und dem rechten vorderen Abstützaggregate zugeleitet und andererseits auch gleichzeitig Hydraulikmedium zwischen den beiden linken Abstützaggregate in gleicher Richtung verschoben werden. Dazu werden abwechselnd die Ventilpaare 3e, 2a und 4e, 1a in schneller Taktfolge alternierend geöffnet und geschlossen.

Die Steuerung der Ventile 1a bis 4e erfolgt mit der Unterstützung eines nicht dargestellten Rechners, welcher die Signale von den Rädern R zugeordneten Hubstellungsgebern auswertet, um Nick- bzw. Wankbewegungen des Fahrzeuges feststellen zu können. Zusätzlich kann der Rechner auch Signale vom Fahrpedal bzw. Motor des Fahrzeuges sowie vom Bremssystem desselben erhalten, um die beim Bremsen bzw. Beschleunigen des Fahrzeuges auftretende Neigung zu Nickbewegungen bereits vor einer derartigen Bewegung "bemerken" zu können. Damit kann einer zu erwartenden Nickbewegung bereits vorbeugend durch entsprechende Ansteuerung der Ventile 1a bis 4e entgegengewirkt werden.

Darüber hinaus kann der Rechner mit einem Lenkwinkelgeber sowie einem Geschwindigkeitsmesser des Fahrzeuges verbunden sein, um bereits bei Beginn einer Kurvenfahrt bzw. bei Beginn einer Lenkbewegung die jeweils zu erwartende Querbeschleunigung des Fahrzeuges und damit die Tendenz des Fahrzeuges, eine zur Kurvenaußenseite hin geneigte Lage einzunehmen, feststellen zu können. Damit kann der Rechner die Ventile 1a bis 4e bereits vorbeugend so ansteuern, daß sich das Fahrzeug nicht oder nur wenig zur Kurvenaußenseite neigt. Grundsätzlich ist es auch möglich, eine Neigung des Fahrzeuges zur Kurveninnenseite hin zu erzwingen, indem von den kurveninneren Abstützaggregate A entsprechend viel Hydraulikmedium abgeführt und den kurvenäußeren Abstützaggregate A zugeführt wird.

Ein besonderer Vorzug des Bypass- und Fördersystems liegt darin, daß bei der Aussteuerung von Nick- und Wankbewegungen des Fahrzeuges die Abstimmung des Federungssystems praktisch unverändert bleibt.

Bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform der Erfindung sind die Abstützaggregate A über die Leitungen 1' bis 4' mit einem motorisch angetriebenen Kolben-Zylinder-Aggregat 6 und über die Leitungen 1'' bis 4'' mit einem motorisch angetriebenen Kolben-Zylinder-Aggregat 7 verbunden.

Jedes der Kolben-Zylinder-Aggregate 6 und 7 besitzt vier Kammern 61 bis 64 bzw. 71 bis 74, wobei im Falle

des Kolben-Zylinder-Aggregates 6 in Mittellage des Kolbens zumindest die Kammern 61 und 62 einerseits sowie die Kammern 63 und 64 andererseits gleiche Größe haben (in der Regel sind alle Kammern 61 bis 64 gleich groß), während beim Kolben-Zylinder-Aggregat 7 alle Kammern 71 bis 74 in Mittellage des Kolbens gleich groß sind. Im übrigen sind die Kolben-Zylinder-Aggregate 6 und 7 so ausgelegt, daß das Gesamtvolumen der Kammern bei Verschiebung der Kolben konstant bleibt.

Die Kammern der Kolben-Zylinder-Aggregate 6 und 7 sind jeweils mit einem der Abstützaggregate A verbunden, und zwar derart, daß bei Verschiebung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 6 jeweils Hydraulikmedium zwischen den Abstützaggregate auf der rechten Fahrzeugseite und den Abstützaggregate auf der linken Fahrzeugseite verschoben wird. Beispielsweise wird bei Verschiebung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 6 nach links einerseits Hydraulikmedium aus dem vorderen rechten Abstützaggregate über die Leitung 1' abgeführt und gleichzeitig Hydraulikmedium über die Leitung 2' in das linke vordere Abstützaggregate eingeführt. Andererseits erfolgt simultan eine entsprechende Verschiebung des Hydraulikmediums über die Leitungen 4' und 3' bei den Abstützaggregate der Hinterräder.

Auf diese Weise läßt sich die Seitenneigung des Fahrzeuges verändern bzw. einer Wankbewegung entgegenwirken.

Die Kammern 71 bis 74 des Kolben-Zylinder-Aggregates 7 sind mit den Leitungen 1'' bis 4'' verbunden, und zwar derart, daß eine Verschiebung des Hydraulikmediums zwischen den Abstützaggregate der Vorderräder und denjenigen der Hinterräder ermöglicht wird. Beispielsweise wird bei einer Verschiebung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 7 in Fig. 2 nach oben Hydraulikmedium aus den hinteren Abstützaggregate über die Leitungen 3'' und 4'' abgeführt und gleichzeitig den vorderen Abstützaggregate über die Leitungen 1'' und 2'' Hydraulikmedium zugeführt. Auf diese Weise kann einer Nickbewegung des Fahrzeuges entgegengewirkt werden.

Abweichend von der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform, bei der die Kolben-Zylinder-Aggregate 6 und 7 jeweils vier Kammern besitzen, können auch jeweils Kolben-Zylinder-Aggregate mit zwei Kammern paarweise angeordnet sein und parallel betätigt werden. An der dargestellten Funktion ändert sich damit nichts.

Im übrigen können grundsätzlich anstelle der Kolben-Zylinder-Aggregate auch Pumpen, z. B. rotierende Pumpen, wie insbesondere Zahnradpumpen, angeordnet sein.

Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform der Erfindung sind drei Kolben-Zylinder-Aggregate 8 bis 10 mit jeweils zwei Kammern 81, 82 bzw. 91, 92 bzw. 101, 102 angeordnet. Dabei sind die Kammern 81 und 91 der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 über die Leitungen 1 und 2 mit den vorderen Abstützaggregate A verbunden. Die hinteren Abstützaggregate A sind über die Leitungen 3' und 4' einerseits mit den Kammern 82 und 92 der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 und andererseits über die Leitungen 3'' und 4'' mit den Kammern 101 und 102 des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 verbunden. In Mittellage der Kolben besitzen die Kammern 81, 82, 91 und 92 gleiche Größe. Die Kammern 101 und 102 sind in Mittellage des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 untereinander gleich groß und doppelt so groß wie die Kammern der beiden übrigen



Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 in Mittellage der jeweiligen Kolben.

Wenn der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 stillgehalten wird und die Kolben der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 simultan in Fig. 3 nach oben oder unten verschoben werden, so wird Hydraulikmedium zwischen den vorderen und hinteren Abstützaggregaten verschoben. Bei einer Verschiebung der Kolben der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 nach oben wird beispielsweise Hydraulikmedium aus den hinteren Abstützaggregaten über die Leitungen 3' und 4' abgeführt und gleichzeitig Hydraulikmedium den vorderen Abstützaggregaten über die Leitungen 1 und 2 zugeführt. Auf diese Weise kann Nickbewegungen des Fahrzeuges entgegengewirkt werden.

Um die Seitenneigung des Fahrzeuges zu verändern bzw. um Wankbewegungen des Fahrzeuges entgegenzuwirken, kann Hydraulikmedium zwischen den Abstützaggregaten verschiedener Fahrzeugseiten verschoben werden, indem der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 beispielsweise nach unten, der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 nach rechts und der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 9 nach oben (oder in der jeweils umgekehrten Richtung) verschoben wird. Da die Kapazität des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 doppelt so groß wie diejenige des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 bzw. 9 ist, kann die Kammer 101 des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 bei der angegebenen Verschieberichtung neben dem aus der Kammer 82 des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 verdrängten Hydraulikmedium auch eine entsprechende Menge des Hydraulikmediums aus dem Abstützaggregat des linken Hinterrades (in Fig. 3 links unten) aufnehmen. In entsprechender Weise wird aus der Kammer 102 des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 verdrängtes Hydraulikmedium zur einen Hälfte in das Abstützaggregat des rechten Hinterrades (in Fig. 3 rechts unten) eingeführt und zur anderen Hälfte von der Kammer 92 des Kolben-Zylinder-Aggregates 9 aufgenommen. Dabei wird gleichzeitig aus der Kammer 91 des Kolben-Zylinder-Aggregates Hydraulikmedium verdrängt und über die Leitung 1 dem Abstützaggregat des rechten Vorderrades zugeführt.

Auch wenn es in der Regel nicht notwendig ist, gibt das in Fig. 3 dargestellte System die Möglichkeit, Hydraulikmedium ausschließlich zwischen den Abstützaggregaten der Vorderräder oder den Abstützaggregaten der Hinterräder zu verschieben.

Zur Verschiebung von Hydraulikmedium zwischen den Abstützaggregaten der Hinterräder genügt es, die Kolben der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 stillzusetzen und den Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 zu verschieben. Bei Verschiebung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 nach rechts wird dabei Hydraulikmedium über die Leitung 3'' aus dem Abstützaggregat des linken Hinterrades abgeführt und gleichzeitig über die Leitung 4'' Hydraulikmedium in das Abstützaggregat des rechten Hinterrades eingeleitet.

Wenn nun beispielsweise Hydraulikmedium aus dem Abstützaggregat des rechten Vorderrades über die Leitung 1 abgeführt und gleichzeitig Hydraulikmedium in das Abstützaggregat des linken Vorderrades eingeführt werden soll, werden der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 9 in Fig. 3 nach unten, der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 nach links und der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 nach oben verschoben, und zwar derart, daß die Volumensverkleinerung der Kammer 92 des Kolben-Zylinder-Aggregates 9 der

Volumensvergrößerung der Kammer 102 des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 und die Volumensverkleinerung der Kammer 101 dieses Kolben-Zylinder-Aggregates 10 der Volumensvergrößerung der Kammer 82 des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 entsprechen.

Im Falle einer Störung im Bypaß- und Fördersystem, insbesondere bei Störungen des dieses System steuernden Rechners, ist bevorzugt vorgesehen, das Bypaß- und Fördersystem unter Blockierung seiner Leitungen stillzusetzen. Danach kann dann weitergefahren werden, wobei sich das Fahrzeug wie ein solches mit herkömmlichem hydropneumatischen Federungssystem verhält.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform werden bei einer derartigen Störung die Pumpe 5 stillgesetzt und alle Ventile 1a bis 4e geschlossen. Hierzu ist es vorteilhaft, wenn die Ventile 1a bis 4e automatisch, z. B. durch Rückstellfedern, in die Schließlage gebracht werden, sobald die zur Steuerung der Ventile 1a bis 4e dienenden Elektromagnete stromlos geschaltet werden.

Um bei den in den Fig. 2 und 3 dargestellten Ausführungsformen einen entsprechenden Notbetrieb des Fahrzeuges zu ermöglichen, genügt es, die Kolben-Zylinder-Aggregate 6 bis 10 mit selbsthemmenden Antrieben, z. B. Spindelaggregaten, zu versehen, so daß die Kolben dieser Aggregate bei Abschaltung der Antriebe unbeweglich gehalten werden.

Soweit anstelle der Kolben-Zylinder-Aggregate 6 bis 10 in den Fig. 2 und 3 rotierende Pumpen eingesetzt werden, sind solche Pumpen, z. B. Zahnpumpen, bevorzugt, die die Verbindung zwischen Eingang und Ausgang der Pumpe ohne zusätzliche Absperrventile zu sperren vermögen, wenn das Förderorgan der Pumpe stillgehalten wird. Werden derartige Pumpen mit selbsthemmenden Antrieben versehen, so genügt es, die Antriebe stillzusetzen bzw. abzuschalten, um die Leitungen des Bypaß- und Fördersystems im Falle einer Störung zu blockieren.

Gegebenenfalls können zu diesem Zweck jedoch auch gesonderte Absperrventile angeordnet sein.

Ein besonderer Vorzug der Erfindung liegt darin, daß mit dem Bypaß- und Fördersystem auch die Steuerndenz — Untersteuern, Übersteuern oder neutrales Verhalten — des Fahrzeuges beeinflußt bzw. bestimmt werden kann. Beispielsweise kann Wankbewegungen des Fahrzeuges in der Weise entgegengesetzt werden, daß an Vorderachse und Hinterachse unterschiedlich große, der Wankbewegung entgegenwirkende Drehmomente relativ zur Fahrzeuglängsachse erzeugt werden, indem die einerseits zwischen den Abstützaggregaten der Vorderachse und andererseits zwischen den Abstützaggregaten der Hinterachse verschobenen Mengen des Hydraulikmediums entsprechend — gegebenenfalls auch stark unterschiedlich — bemessen sind.

Um beispielsweise bei der Ausführungsform nach Fig. 2 zum Ausgleich von Wankmomenten des Fahrzeuges an Vorder- und Hinterachse deutlich unterschiedliche Gegenmomente erzeugen zu können, können die hydraulisch wirksamen Querschnitte der Kolben in den Kammern 61 sowie 62 einerseits und 63 sowie 64 andererseits deutlich unterschiedlich bemessen sein. In der Regel ist es erwünscht, Wankmomenten verstärkt über die Vorderachse entgegenzuwirken; dementsprechend wird in der Regel der wirksame Kolbenquerschnitt in den Kammern 61 und 62 größer sein als in den Kammern 63 und 64.

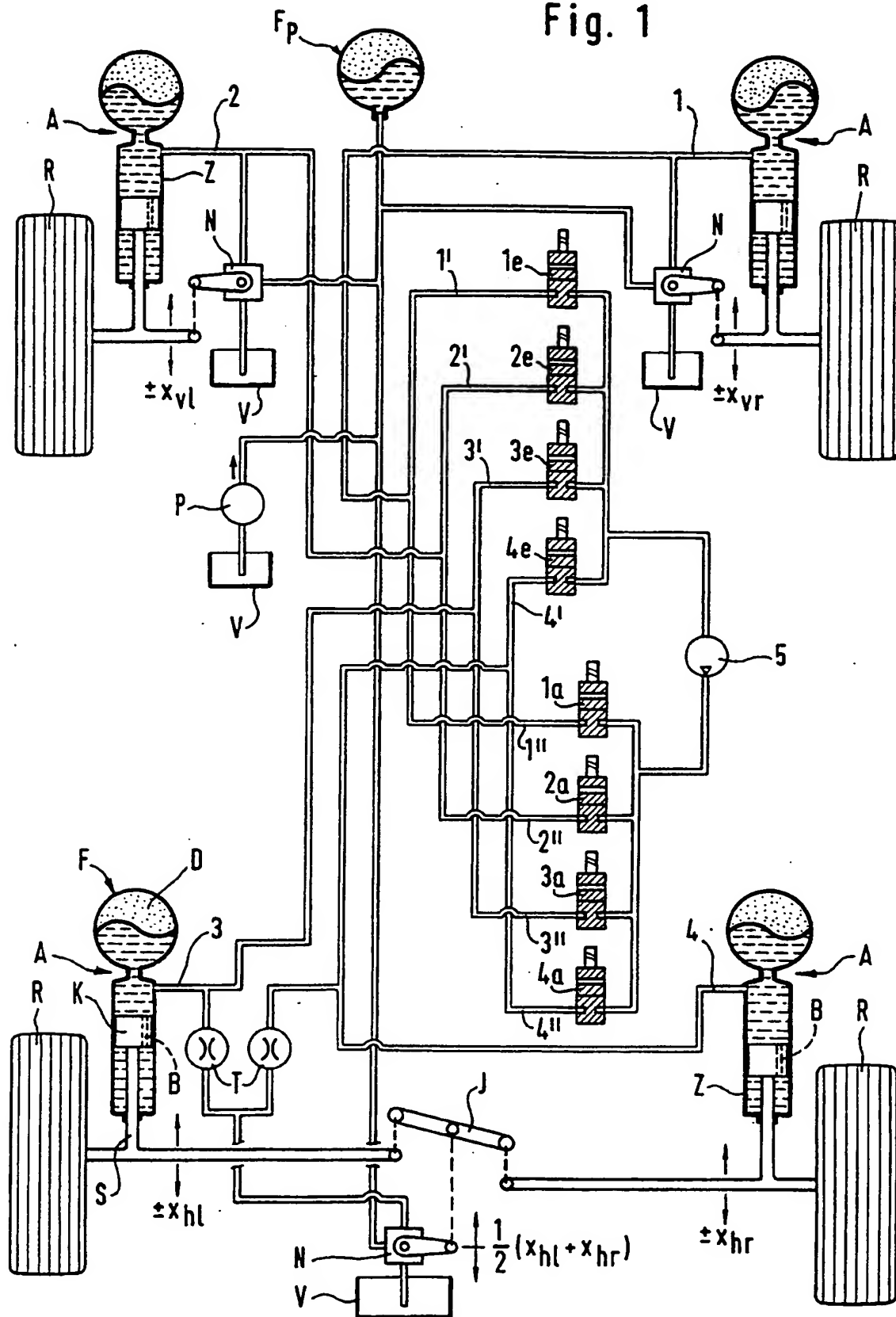
1. Hydropneumatisches Federungssystem für Kraftfahrzeuge mit den Fahrzeugrädern zugeordneten hydropneumatischen Abstützaggregaten und einer damit zusammenwirkenden Niveauregulierung, welche in Abhängigkeit von der Hubstellung der Räder Hydraulikmedium aus einem Reservoir in die Abstützaggregate einzuleiten bzw. Hydraulikmedium aus den Abstützaggregaten in das Reservoir abzuführen gestattet, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen den Abstützaggregaten (A) ein aktives Bypaß- und Fördersystem angeordnet ist, welches in Abhängigkeit von der Hubstellung ( $x_{vr}$ ,  $x_{vl}$ ,  $x_{hr}$ ,  $x_{hl}$ ) der Räder (R) und/oder in Abhängigkeit von auf das Fahrzeug einwirkenden Nick- bzw. Wankmomenten Hydraulikmedium unter Umgehung des Reservoirs (R) zwischen einander bezüglich der Fahrzeuglängsachse und/oder der Fahrzeugquerachse gegenüberliegenden Abstützaggregaten (A) zu verschieben gestattet. 5 10 15 20
2. Hydropneumatisches Federungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Niveauregulierung träge ist und das Bypaß- und Fördersystem schnellwirkend arbeitet. 25
3. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Bypaß- und Fördersystem im wesentlichen aus einem zwischen den Abstützaggregaten (A) angeordneten Leitungsnetz mit einer motorisch angetriebenen Pumpe (5) sowie am Leitungsnetz angeordneten Absperrventilen (1a, 1e bis 4a, 4e) besteht, welche jeweils ein Abstützaggregat (A) bzw. eine Gruppe der Abstützaggregate mit der Eingangsseite der Pumpe (5) und ein anderes Abstützaggregat bzw. eine andere Gruppe der Abstützaggregate mit der Ausgangsseite der Pumpe (5) zu verbinden bzw. die Abstützaggregate oder die Gruppen der Abstützaggregate voneinander abzutrennen gestatten. 30 35 40
4. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einander bezüglich der Fahrzeugquerachse und/oder der Fahrzeuglängsachse gegenüberliegenden Abstützaggregaten (A) Verdränger- bzw. Kolben-Zylinder-Aggregate (6, 7) mit jeweils mindestens zwei Kammern angeordnet sind, deren Gesamtvolumen unabhängig vom Verdränger- bzw. Kolbenhub konstant bleibt, wobei jeweils eine der Kammern mit einem Abstützaggregat auf der einen Seite und die andere der Kammern mit einem Abstützaggregat auf der anderen Seite der Fahrzeuglängsachse bzw. der Fahrzeugquerachse verbunden ist. 45 50
5. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Bypaß- und Fördersystem mittels Rechners in Abhängigkeit von den Hubstellungen ( $x_{vr}$ ,  $x_{vl}$ ,  $x_{hr}$ ,  $x_{hl}$ ) der Räder (R) und/oder in Abhängigkeit von der Längs- bzw. Querbeschleunigung des Fahrzeuges und/oder in Abhängigkeit vom Lenkwinkel bzw. Lenkwinkeländerungen sowie der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeuges steuerbar ist. 55 60
6. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu den hydropneumatischen Abstützaggregaten (A) mechanische Federaggregate angeordnet sind. 65

7. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Förderaggregate (6 bis 10) des Bypaß- und Fördersystems selbsthemmende Antriebe besitzen und im Stillstand die mit ihnen verbundenen Leitungen voneinander abgetrennt halten.

8. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Bypaß- und Fördersystem zum Ausgleich bzw. zur Verhinderung von Wankbewegungen des Fahrzeuges zwischen den Abstützaggregaten (A) der Vorderachse und zwischen den Abstützaggregaten (A) der Hinterachse derart bemessene Mengen des Hydraulikmediums verschiebt, daß an Vorder- und Hinterachse unterschiedliche, dem Wankmoment des Fahrzeuges entgegenwirkende Momente erzeugt werden und eine gewünschte Steuertendenz (Untersteuern, Übersteuern, neutrales Verhalten) des Fahrzeuges erreicht wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1





**Fig. 2**

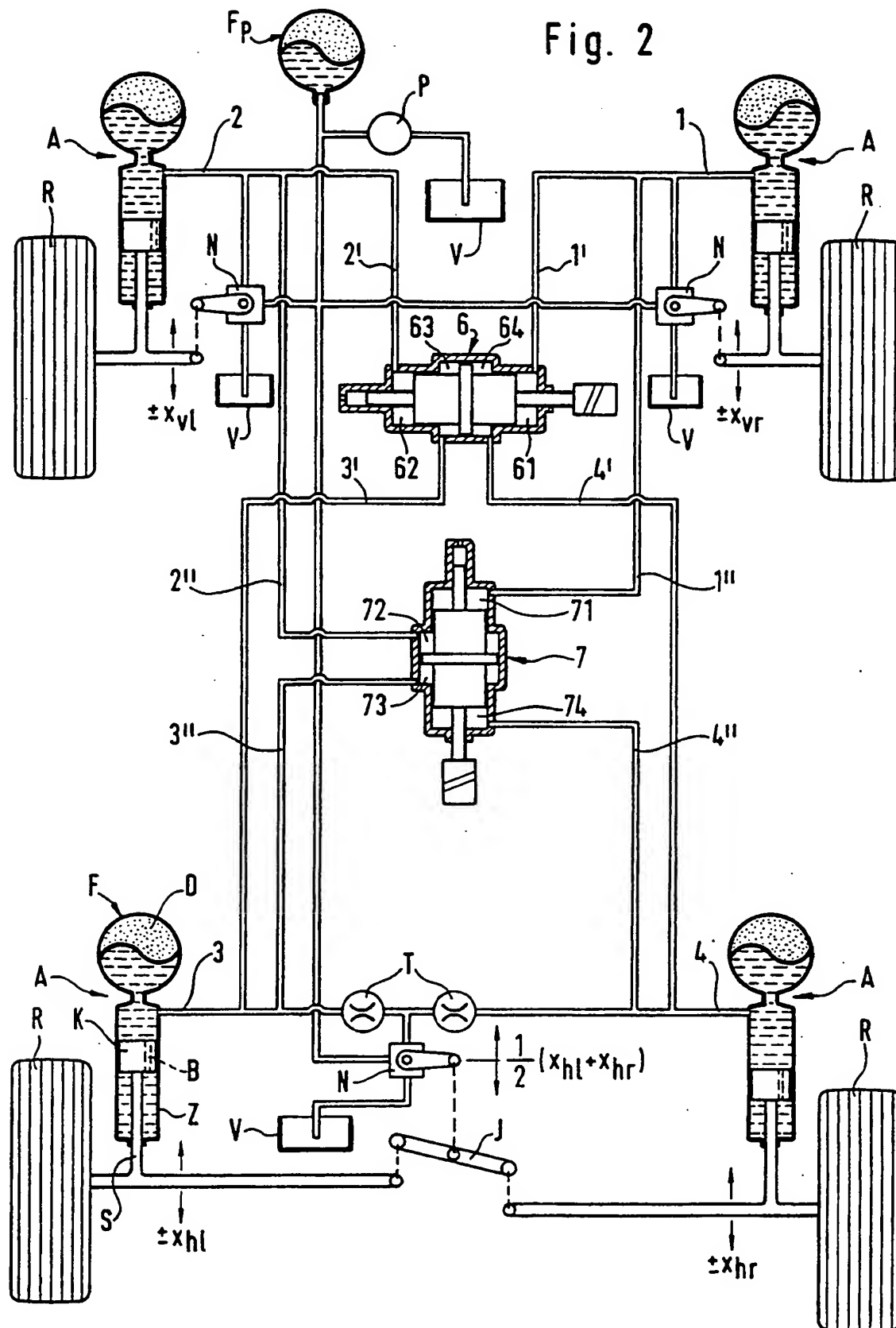


Fig. 3

